

SUBVENCIÓN ESPECIAL N° 308-2006-CONCYTEC-0AJ

Informe Final

PROYECTO:

Innovación tecnológica de los procesos de producción masiva de ovas y alevinos de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en la Región de Puno.

Consultor:
Prof. Dr. Iván Valdebenito Isler
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TEMUCO
CHILE

Marzo de 2007

I. INTRODUCCIÓN

1. Características de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*).

La trucha arcoiris es un pez teleósteo de hábitos carnívoros que se caracteriza por su apetito voraz. Habita regularmente en aguas frías y su mayor crecimiento se registra con temperaturas cercanas a 16°C. Con temperaturas de 1°C arriba o debajo del preferendum térmico para el crecimiento, existe una reducción del 8,5% en la tasa metabólica, lo que se refleja en una reducción equivalente en la tasa de crecimiento. Asociados a la calidad del agua, se encuentran una serie de factores físico-químicos que determinan la capacidad de producción en sistemas de cultivo intensivo de esta especie (Cuadro 1). En la medida que las densidades de cultivo son mayores, los requerimientos medio ambientales de esta especie serán mayores, o sea, si la densidad es baja (5Kg/m³), tolerará temperaturas mayores que cuando es cultivada a altas densidades (sobre 25Kg/m³).

La trucha arcoiris es un pez sedentario de aguas dulces, realizando migraciones desde las zonas de alimentación (grandes lagos o el potamón de grandes ríos) hacia los ritrones, donde se encuentran los cursos primarios de los ríos con aguas cristalinas, oxigenadas y puras, donde realiza la reproducción, regularmente entre las estaciones de otoño-invierno. Para los procesos reproductivos presenta un preferendum térmico de entre 8 a 10°C, requisito esencial para que los procesos reproductivos sean efectivos y permitan la obtención de altos porcentajes de fecundación y buena calidad de alevinos.

Otro factor fundamental para el cultivo de la trucha arcoiris en sistemas de cultivo intensivo es el oxígeno. Un aumento de temperatura del agua, trae consigo una disminución de la concentración de oxígeno disuelto, ya que existe una relación inversamente proporcional entre ambos factores. Esto genera un efecto secundario más grave aún, ya que al ser la trucha arcoiris un animal poiquilotérmico, al aumentar la temperatura, su tasa metabólica se incrementará y demandará más oxígeno, pero en el agua existirá una menor concentración, provocando de esta manera una eventual asfixia. Cifras menores a 5mg/L de oxígeno (o menores al 70% de saturación del agua) producen en la trucha una gran dificultad para extraer el oxígeno del agua y transportarlo desde las branquias al torrente circulatorio, ya que los peces de aguas frías por lo general, son poco eficientes en capturar el oxígeno del agua (sólo capturan cerca del 60% del oxígeno disponible). En cambio los peces de aguas cálidas (como la carpa y la tilapia) tienen un sistema de contracorriente branquial mucho más eficiente para capturar el oxígeno del agua, alcanzando niveles de eficiencia cercanos al 90%, lo que les permite vivir en aguas muy calientes o a altas densidades de cultivo. Existen una serie de factores (biológicos, físicos y químicos) que determinan la concentración de oxígeno disuelto en un cuerpo de agua. Dentro de los más importantes se encuentran la temperatura (como ya se señaló anteriormente), la salinidad y presión atmosférica. Respecto de este último factor, cuanto mayor sea la altitud, menor será la presión atmosférica y menor será la capacidad que tiene el agua para disolver oxígeno. Este es un factor importante a considerar para el cultivo de la trucha en la región de Puno ya que en la región los niveles de oxígeno en el agua se encuentra con valores de entre 6,5 y 7,0mg/L, que aunque no son peligrosos para el pez, sí reducen la biomasa que podría cultivar el piscicultor por volumen de agua utilizado.

El pH es otro factor que determina la capacidad de cultivo de un cuerpo de agua (Cuadro 3), ya que valores muy bajos de pH irritan el epitelio branquial, produciendo una alta cantidad de mucus, pudiendo llegar al deterioro celular, lo que se traduce en una incapacidad para capturar el oxígeno del agua o producir la adecuada osmorregulación.

Cuadro 3. Incidencia de las variaciones de pH en la actividad metabólica de peces salmonídeos. Resumido de Blanco (1995).

Valor del pH	Incidencia
3,5 - 4,0	Mortal para salmónidos.
4,0 - 4,5	Perjudicial para salmónidos.
4,5 - 5,0	Límite de alarma de acidez para los huevos y alevines de salmónidos. La situación prolongada generará mortalidad.
5,0 - 6,0	Peligro poco probable, salvo a concentraciones de anhídrido carbónico superiores a 20mg/L.
6,0 - 6,5	Peligro poco probable, salvo a concentraciones de anhídrido carbónico no sea superiores a 100mg/L.
6,5 - 9,5	Ningún peligro para los peces si no existen compuestos amoniacales.
9,5 - 10,0	Mortal para salmónidos durante tiempo prolongados.
10,0 - 11,0	Rápidamente mortal.

En general, cuanto más grande es un pez, mayor tolerancia tiene a las variaciones de estos factores limitantes. Un pez adulto, podrá tolerar muy bien una reducción en la concentración de oxígeno o del pH en el agua de cultivo, pero esto no lo podrán hacer los peces pequeños. Por otra parte, se debe considerar que una biomasa de 1Kg de peces pequeños, consume más oxígeno que un pez de 1Kg de peso.

2. Actividad truchícola en el Perú

Según revisión bibliográfica realizada por Chura (2001), la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) fue introducida en el Perú en el año 1928 desde Norte América con la introducción de 50.000 ovas embrionadas, las que debían ser utilizadas para poblar con esta especie la cuenca del lago Titicaca. La construcción de la Piscicultura de Chucuito se concretó en los años 1939 y 1940 en el lugar denominado Murinlaya del distrito de Chuchito, provincia de Puno a 3850msnm y a 20Km de la ciudad de Puno. En el lago Titicaca la trucha arcoiris fue introducida en el año 1942, adaptándose rápidamente a las condiciones físico-químicas del lago, ya que en el año 1965 se cosechó en el lago un total de 409ton. A partir del año 1966, la pesca comienza a decrecer y en la actualidad sus capturas son muy inferiores. Alcanzando según Rast & Rodgers (1996) a una biomasa total de 13.000ton de trucha poblando el lago, representando menos de un 0,1% de las capturas realizadas en el lago Titicaca, las que son dominadas por la captura de especies nativas como el “carachi” (*Orestias spp.*) con un 54% e “ispi” (*Orestias ispi*) con un 11%. En cambio las capturas de especies introducidas son comandadas por el pejerrey argentino (*Odontesthes bonariensis*) con un 34,96%. Según Wust (2003) la introducción de la trucha arcoiris en el lago Titicaca provocó la extinción del humanto (*Orestia cuvieri*) pez nativo muy apetecidos por las

poblaciones humanas próximas al lago y además, generó la introducción de agentes patógenos que están mermando las poblaciones nativas de peces.

En los últimos años, se registra en el Perú una importante producción de trucha arcoiris incrementándose en un 405% en los últimos 5 años. El volumen de producción en el año 2006 fue superior a 5.000ton, las que se basan esencialmente en la producción de trucha “pan-size” o plato en tamaños aproximados de 280 a 300g. Cerca de un 40% de la producción de trucha arcoiris en el Perú se realiza en el Departamento de Puno en sistemas de balsas jaulas instaladas en el lago Titicaca y gran parte de la producción es exportada como producto congelado a EE.UU. y a la comunidad Económica Europea.

En la actualidad, las empresas dedicadas a la actividad de piscicultura en el Departamento de Puno, enfrentan importantes obstáculos que frenan el desarrollo económico y social, los cuales derivan en un manejo inadecuado de las técnicas de cultivo para obtener productos de calidad y cantidad estable, y por otra parte, de una falta de capacitación a los técnicos y profesionales, que desarrollan esta actividad con tecnologías muy rudimentarias, lo que reduce la rentabilidad económica de sus empresas. Producto de lo anterior, la actividad productiva se basa mayoritariamente en la importación de ovas desde el Hemisferio Norte (como de la empresa Troutlodge de EE.UU.), las que en general son consideradas de mejor calidad que las producidas en el país. Sin embargo, con la introducción de especies, se corre el gran riesgo de introducir junto con los embriones, agentes patógenos de enfermedades de difícil control que en general producen altas pérdidas a los productores y al medio ambiente, ya que una vez introducido un patógeno, es imposible eliminarlo del medio ambiente.

De esta forma, la presente asesoría tiene como objetivo la elaboración de un plan de manejo de reproductores que permita generar ovas nacionales de buena calidad en el corto plazo y modernizar el funcionamiento de la piscicultura Chucuito.

3. Objetivos

1. General

- Elaborar un plan de manejo, a fin de estandarizar la producción de ovas y alevinos, considerando los requerimientos biológicos (reproductores), de equipamiento para desarrollar un programa productivo con el objetivo de tener una producción estandarizada de 500.000 a 1.000.000 de alevinos de trucha de buena calidad en el presente año.

2. Específicos

- Adecuación de la infraestructura del Centro Piscícola del CIP-Chucuito a fin de llegar a una producción de 500.000 a 1.000.000 de alevitos de truchas que involucraría estanques para reproductores, incubadoras y equipos de laboratorio para los diferentes procesos productivos, acorde a la realidad nacional e infraestructura existente en el CIP-Chucuito.
- Evaluación del recurso hídrico, proponiendo mejoras en su captación, caudal necesario y procesos de tratamiento.
- Establecer protocolos de selección de reproductores, características de hembras y machos, y los procedimientos para su selección desde estadíos iniciales, a fin de establecer sus cuidados y alimentación adecuada para tener un plantel de calidad para sostener futuros trabajos.
- Establecer protocolos de desove, acondicionamiento de ovas para la incubación, manejo de las densidades y tratamientos profilácticos preventivos de ovas.
- Establecer protocolos de pre-alevinaje, manejo adecuado, procedimientos y su acondicionamiento para traslado y siembra en centros de engorde.
- Presentación del documento final conteniendo el paquete tecnológico desarrollado para su validación tecnológica.

4. Metodología

La asesoría se realizó con la visita en terreno del consultor por un periodo de un mes en la ciudad de Puno desde el 17 de febrero al 13 de marzo de 2007, realizando visitas periódicas a la piscicultura Chucuito con el fin de entregar en terreno las modificaciones propuestas y eventualmente, lograr su evaluación durante la permanencia del consultor en la zona. Durante este tiempo, el consultor estuvo acompañado de al menos uno de los Ingenieros (Srs. Raúl Mendoza y/o Walter Valverde) que forman parte del personal de FONDEPES que trabaja en el proyecto.

Además, se realizaron reuniones con funcionarios de FONDEPES y del CONCYTEC de la ciudad de Lima. Al igual que con la Rectora, la Decana y académicos de la Universidad Nacional del Altiplano y representantes de la Dirección Regional de Producción (PRODUCE) de Puno. También se tuvo posibilidad de conversar e intercambiar experiencias con el personal de la piscicultura Chucuito, del Proyecto Especial del Lago Titicaca (PET) y algunos empresarios del sector productivo de Puno y del sector de Lagunillas de Santa Lucía.

Se realizaron diez visitas y reuniones de trabajo a la piscicultura Chucuito, conociendo su distribución de estanques e infraestructura y personal. Se realizaron evaluaciones en terreno de la calidad del agua y se planificó la traída de una partida de 50.000 ovas desde la empresa Troutlodge de EE. UU. Se evaluó los procesos de recepción de ovas, de desove y fecundación, de manejo de reproductores y manejo sanitario del centro de cultivo. Se enseñó en terreno los protocolos de desove, fecundación e incubación, de determinación del porcentaje de fecundación, de larvicultura y alevinaje. Además, se realizó un transporte de gametos masculinos con una duración de 24hr, demostrándose que después de este tiempo, los espermatozoides tenían una alta motilidad espermática y fueron utilizados para fecundar las ovas de las hembras desovadas en ese día. También en conjunto con los productores, se preparó alimento con 17 α Metiltestosterona para la producción de neomachos.

Con la información recibida de las diferentes fuentes y lo observado en terreno, se ha elaborado un análisis FODA que entrega la visión del consultor respecto de las actividades desarrolladas por la Piscicultura Chucuito.

Respecto de los parámetros físico-químicos del agua de la piscicultura, no fue posible encontrar esta información sistematizada de los últimos cinco años. Sólo se facilitó al consultor algunas tesis en las cuales se señalaban algunos datos puntuales de temperatura u oxígeno, pero no se indicaba al mes en que correspondía, razón por la cual, el consultor no pudo realizar un análisis confiables del recurso hídrico disponible en Chucuito.

II. Análisis del sector productivo nacional con énfasis en la truchicultura

a) El sistema productivo del CIP-Chucuito

Para el objetivo N° 1 del proyecto:

Adecuación de la infraestructura del Centro Piscícola del CIP-Chucuito a fin de llegar a una producción de 500.000 a 1.000.000 de alevinos de truchas que involucraría estanques para reproductores, incubadoras y equipos de laboratorio para los diferentes procesos productivos, acorde a la realidad nacional e infraestructura existente en el CIP-Chucuito.

La piscicultura de Chucuito se encuentra emplazada en un área visualmente agradable y con el lago Titicaca de fondo, lo que la transforma en una hermosa área que facilita el descanso y la relajación (Fig. 1).



Figura 1. Vista panorámica de la piscicultura Chucuito emplazada en las proximidades del lago Titicaca (al fondo).

El predio presenta una marcada pendiente o diferencia de nivel entre la toma de agua y la salida de la piscicultura, lo que facilita:

- el funcionamiento de la piscicultura con estanques en serie,
- la distribución del agua en las unidades de cultivo,
- la oxigenación del agua al pasar de un nivel a otro y,
- la construcción de estanques de buena profundidad.

Sin embargo, por la antigüedad de la piscicultura, cuenta con sistemas de estanques ineficientes para mantener la calidad del agua disponible para los peces. La mayoría de ellos, están contruidos en cemento (mayoritariamente de alta rugosidad y aspereza), con muy poca profundidad, de forma y capacidad muy variables (Figura 2). Además, se encuentran sin protección contra la alta irradiación solar que se registra a esta latitud y altitud, la que deteriora la

piel de los peces y reduce su capacidad de crecimiento y conversión alimenticia. Los estanques (artezas) para la producción de alevinos, sí se encuentran bajo techo, pero presentan una iluminación inadecuada y además, su interior está pintado de color negro, lo que dificulta la captura del alimento por parte de los alevinos y reduciendo su capacidad de crecimiento.

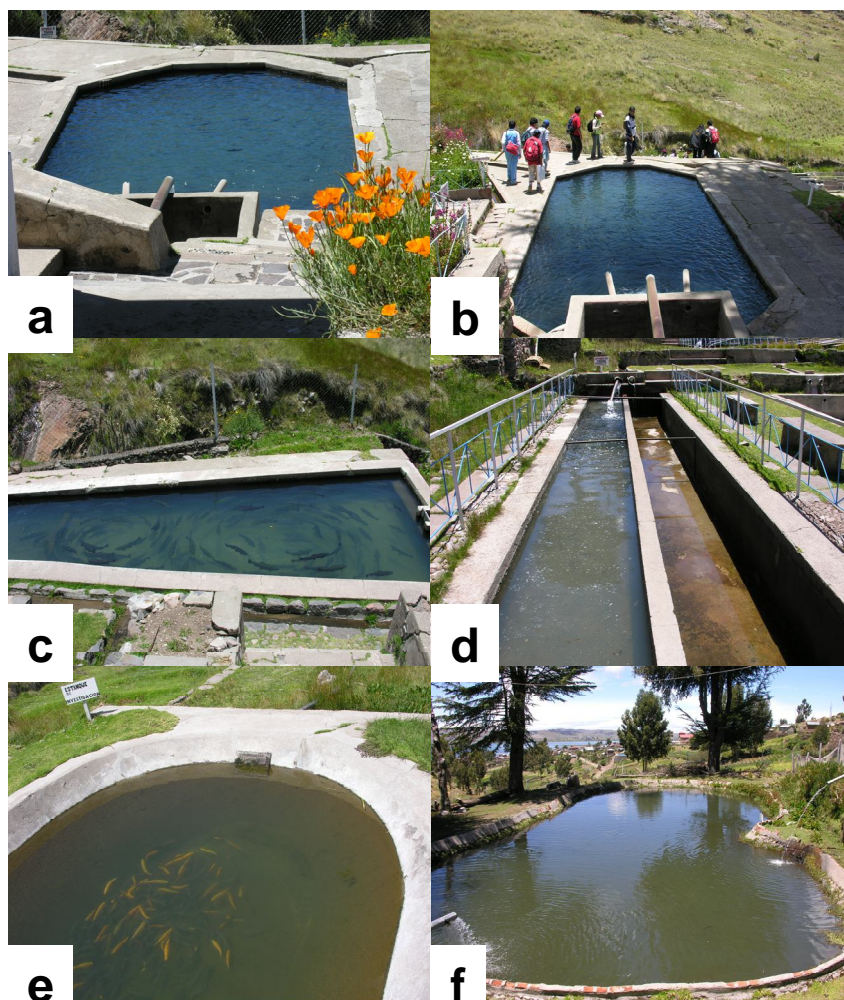


Figura 2. Vista general de algunos de los diferentes tipos de estanques construidos en la piscicultura de Chucuito.

Para la incubación de ovas, la piscicultura dispone de incubadores verticales y horizontales (artesanales) con una capacidad para 400.000 ovas. Para producir 1.000.000 de alevinos, se debe considerar (según las mortalidades históricas en la fase de incubación de la piscicultura) que se necesitarán al menos 1.500.000 ovas recién fertilizadas para alcanzar las metas de producción. En la actualidad, la piscicultura cuenta con estanques “out door” con un volumen útil total para el cultivo de peces de 110m^3 . Si se estima a $10\text{Kg}/\text{m}^3$ como una densidad máxima para el cultivo de reproductores de trucha, la biomasa total capaz de cultivar en los estanques exteriores de la piscicultura sería de 1.100Kg.

Para el objetivo N° 2 del proyecto:

Evaluación del recurso hídrico, proponiendo mejoras en su captación, caudal necesario y procesos de tratamiento.

La piscicultura Chucuito se abastece de agua desde la vertiente Murinlaya, la que es incorporada al circuito hidráulico de la piscicultura por gravedad. Aparentemente la calidad visual del agua para la engorda no es mala, pero el personal de la piscicultura informó que durante las primeras lluvias se registran momentos de turbidez que deterioran su calidad.

Durante la evaluación de flujos se determinó un flujo total de 245,6L/min, lo que equivale a 14,73m³/hr. Según lo observado en terreno y lo señalado por el personal de la piscicultura, es muy difícil incrementar el caudal disponible para el cultivo. Además, se debe considerar que el periodo de la evaluación se encontraba en plena estación de lluvias.

El día de la evaluación se registró una temperatura ambiente de 25°C y en el agua se determinó una temperatura de 12,5°C a la entrada de los circuitos hidráulicos y de 14,5°C a la salida de la piscicultura. Lo que indica que el agua subió 2°C en su recorrido por los estanques. El oxígeno y el pH se mantuvieron estables dentro de la piscicultura entre la entrada y salida de los estanques, registrándose valores de 6,0mg/L para el oxígeno y de 7,0 para el pH.

Los valores de temperatura registrados (12,5°C) se encuentran un poco bajo el preferendum térmico para el crecimiento de la especie (16°C), aunque esto para el crecimiento y desarrollo gonadal se encuentra dentro de los rangos aceptables. Sin embargo, se encuentra sobre el preferendum térmico para los procesos de desove e incubación, el que debe ser menor a 10°C.

La concentración de oxígeno (6,0mg/L) por su parte, es levemente menor al encontrado en algunas tesis desarrolladas en la piscicultura. Sardón (2005) reporta niveles de hasta 6,8mg/L en el mes de mayo de 2002. Los valores de la concentración de oxígeno determinados, aunque se encuentran dentro de los rangos aceptables señalados por Blanco (1995) para salmónidos, implican que se debe trabajar con una baja carga de peces por L/min de agua que ingresa a la piscicultura, según se detalla en el ejercicio siguiente, en el que se asume una concentración de oxígeno de entrada de 7,0mg/L y de salida de 5,0mg/L. Además, una tasa de alimentación diaria del 1% del peso corporal (%PC), que aunque baja, es aceptable para disponer de una mayor capacidad de carga.

Cálculos para determinar la capacidad de carga del agua de la piscicultura Chucuito

$$\text{L/min/Kg pez} = \frac{220}{(O_E - O_S) \times 1,44 \times 0,7} \times \frac{\%PC}{100}$$

$$\text{L/min/Kg pez} = \frac{220}{(7 - 5) \times 1,44 \times 0,7} \times \frac{1}{100}$$

$$\text{L/min/Kg pez} = \frac{220}{(2) \times 1,44 \times 0,7} \times \frac{1}{100}$$

$$\text{L/min/Kg pez} = 1,091$$

Este valor significa que para cultivar 1Kg de pez con el agua de la piscicultura, se necesitan 1,091L/min de agua ingresando en ella. Como se señaló anteriormente, a la piscicultura Chucuito ingresa un flujo total de 245,6L/min. Realizando una regla de tres simple se puede estimar la biomasa total (Kg) de peces que se pueden mantener en los diferentes sistemas de cultivo de la piscicultura, asumiendo que toda el agua se usa en procesos de engorda.

1,091 L/min pueden cultivar 1Kg pez

245,6 L/min pueden cultivar X Kg pez

X = 225,11 Kg de pez

Este valor significa que con el volumen total de agua que ingresa a Chucuito (245,6L/min), sólo se puede cultivar una biomasa de 225,11Kg de peces, esto sin poner en riesgo la sobrevivencia, el crecimiento y/o la producción de gametos de buena calidad que puede producir un pez. Siempre y cuando se mantengan los niveles de agua, las tasas de alimentación (1%PC) y concentraciones de oxígeno de entrada (7mg/L) y salida (5mg/L) señalados anteriormente.

Este simple análisis, demuestra que en Chucuito es imposible pensar en producir 500.000 alevines de 1g (mucho menos un millón) para ser trasladados a balsas jaulas en el lago Titicaca. Estos alevines generarían una biomasa total de 500Kg de peces si se cultivan todos en forma simultánea. Aún si se contemplaran dos producciones anuales, se generaría una biomasa de 250Kg, que también supera la capacidad de carga del agua disponible. Esto, sin considerar las necesidades de agua que se requiere para la mantención de los reproductores.

Lamentablemente, no se obtuvo una fuente de información fidedigna de los parámetros físico-químicos de Chucuito, ya que la información no está sistematizada ni ordenada y sólo existen algunos registros esporádicos en algunas tesis facilitadas al consultor.

Para el objetivo N° 3 del proyecto

Establecer protocolos de selección de reproductores, características de hembras y machos, y los procedimientos para su selección desde estadios iniciales, a fin de establecer sus cuidados y alimentación adecuada para tener un plantel de calidad para sostener futuros trabajos.

En Chucuito, los reproductores no disponen de un área especial y se encuentran distribuidos por toda la superficie de la piscicultura. De esta forma, no se tiene un adecuado control de las cohortes de reproductores y además, frecuentemente las visitas introducen las manos en los estanques con el fin de capturar algún pez, o sencillamente se dedican a jugar como lo muestra la Figura 3. Por otra parte, se mantienen algunos especímenes con infección branquial muy avanzada en acuarios para que sean visto por los visitantes de la piscicultura. Esto, además de generar una mala imagen de los resultados productivos de la piscicultura, genera un caldo de cultivo dentro de los acuarios, lo que se traduce en un mayor peligro al tener que reutilizar el agua de los acuarios para peces reproductores que se encuentran en estanques de niveles inferiores.



Figura 3. Actividades realizadas por los visitantes en la piscicultura Chucuito.

Según información entregada por los trabajadores de la piscicultura, para la realización de la evaluación de la madurez y desove de los reproductores, no se utiliza anestésico. Esto, claramente es muy dañino para el pez, incrementando su estrés y reduciendo la calidad de los gametos a producir.

a. Caracteres sexuales secundarios:

En la trucha arcoiris al estado juvenil, no existe dimorfismo sexual (Figura 4), sólo al alcanzar un grado de desarrollo gonadal avanzado, es posible diferenciar machos de hembras:

Hembras: Desde bastante tiempo antes del desove, presentan un abdomen abultado y el poro genital se comienza a evaginar (Fig. 5), al mismo tiempo que adquiere un color rojizo, producto del mayor desarrollo que debe alcanzar para permitir la salida de los oocitos.



Figura 4. Características fenotípicas externas de un espécimen juvenil de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) antes de la madurez sexual.



Figura 5. Desarrollo del poro genital en una hembra de salmónido. Izquierda: hembra inmadura y poro sin evaginar. Derecha: hembra en proceso de maduración y poro dilatado y hemorrágico.

La cabeza de las hembras se mantiene siempre de tamaño pequeño y con un desarrollo simétrico de las mandíbulas superior e inferior. Externamente, se produce un oscurecimiento de la piel, particularmente de la región dorsal. La línea lateral adquiere una tonalidad rojiza y durante el período de desove se expresan los colores nupciales, que dan a la línea lateral y hasta el opérculo, un color rojo intenso (Fig. 6).



Figura 6. Caracteres sexuales secundarios expresados en una hembra de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) de dos años de edad.

Machos: Presentan un oscurecimiento de la piel en toda su superficie, pudiendo adquirir (dependiendo de la raza) un color rojo intenso en la línea lateral hasta el opérculo. El poro genital se desarrolla, pero en menor grado que las hembras, tanto en tamaño como en el tono rojizo que adquiere. Proporcionalmente, la cabeza adquiere un mayor desarrollo con respecto del cuerpo y la mandíbula inferior presenta mayor crecimiento que la superior, adquiriendo un aspecto de gancho, propio de las especies del género *Oncorhynchus*. En algunos especímenes, la región dorsal se curva formando una especie joroba (Fig. 7). Conductualmente, los machos son muy agresivos y frecuentemente, aumentan las mortalidades durante este periodo producto del estrés producido por la madurez sexual, lo que reduce sus defensas y es fácilmente atacado por agentes patógenos oportunistas.



Figura 7. Caracteres sexuales secundarios expresados en un macho de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) de dos años de edad.

b. Manejo de reproductores

Los reproductores son especímenes muy sensibles al estrés producido por el mal manejo, una dieta inadecuada, condiciones de agua fuera de rango, etc., alteraciones que no producen su muerte necesariamente, pero sí reducen la calidad de gametos que se producirá en la época de reproducción.

La dosis de alimento diaria que recibe un reproductor se encuentra frecuentemente entre 0,4 y 0,8% del peso corporal por día (%PC) y son cultivados a densidades no superiores a 10Kg/m^3 y a una tasa de cambio no menor a una vez por hora. La mantención de reproductores se puede realizar en estanques, balsas jaulas en agua salada o dulce. El alimento de reproductores debe ser de alta calidad y con menores niveles de proteína y lípidos que las dietas de engorda. Aunque esto en la práctica no siempre se da, ya que varias empresas que venden alimento para reproductores en Chile, sólo reducen los niveles de lípidos, pero las proteínas las incrementan.

El alimento se debe suministrar con una frecuencia de 1 ó 2 veces al día, esto con el fin de reducir el estrés producido por la competencia por el alimento y además, como son peces grandes, pueden consumir una cantidad significativa de alimento y esto evita la necesidad de estar alimentando con una alta frecuencia. Por otra parte, el tamaño de la partícula de alimento se debe ir incrementando en la medida que el pez crece, reproductores de más de un kilogramo deben recibir alimento de 6mm de diámetro y peces de más de dos kilogramos pueden recibir pellets de 8mm.

c. Efecto del estrés en los reproductores

El estrés es uno de los factores que deterioran la calidad de los gametos en peces y en particular en trucha arcoiris. Los estresores pueden ser de una amplia gama, desde una mala alimentación hasta una situación de peligro para el pez que active su conducta de fuga (como evaluar su madurez sexual sin utilizar anestésico). Curiosamente, el efecto de estas situaciones de estrés se pueden evidenciar hasta después de la eclosión, momento en el que es difícil identificar la situación que causó una pérdida de calidad de gametos bastante tiempo antes.

Para el Objetivo N° 4 del proyecto:

Establecer protocolos de desove, acondicionamiento de ovas para la incubación, manejo de las densidades y tratamientos profilácticos preventivos de ovas.

a. Ovulación

En trucha arcoiris, regularmente las hembras alcanzan su primer ciclo de madurez sexual (pubertad) a los dos o tres años de edad. La detección del momento de la ovulación determinando el ablandamiento del abdomen (Figura 8), es clave para obtener altos porcentajes de fecundación, ya que la máxima fertilidad de los gametos de salmónidos se produce cerca de cuatro días después de la ovulación y en trucha arcoiris se obtienen porcentajes de fecundación altos hasta 70 Unidades Térmicas Acumuladas (UTA) después de la salida de los oocitos del ovario, lo que implica cerca de 7 días si se cultiva con 10°C. Luego de este tiempo, las ovas se sobremaduran y su fertilidad es baja (Fig. 9). Si la temperatura es mayor de 10°C, la frecuencia de las palpaciones debe ser menor a siete días, ya que las 70UTA se alcanzarán antes de los siete días.



Figura 8. Determinación del momento de la ovulación en una hembra de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*).

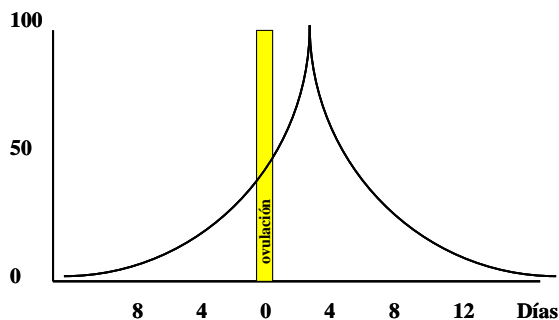


Figura 9. Tendencias del porcentaje de fecundación de ovas de trucha arcoiris extraídas algunos días antes y después de la ovulación. Resumido de Gordon et al. (1987)

Las especies salmonídeas, presentan un tipo de ovario gimnovárico, lo que significa que es abierto y sin conducto, quedando los ovocitos después de la ovulación, en la cavidad peritoneal

del pez (Fig. 10). En la naturaleza, durante el desove, se producen contracciones musculares que llevan las ovas hasta el poro genital y los expulsan al medio acuático.

En cautiverio las especies salmonídeas son capaces de alcanzar la madurez sexual hasta la ovulación, pero no de realizar la puesta. Por esta razón, la extracción de los gametos se debe realizar en forma artificial mediante masaje abdominal.



Figura 10. Disposición de la ovas sueltas en la cavidad abdominal de una hembra de salmónido después de la ovulación.

Otras actividades realizadas

Recepción y reincubación de ovas importadas

El día 2 de marzo, se recibió una partida de 50.000 ovas de trucha arcoiris desde la empresa Troutlodge de EE.UU. En consideración a algunos cuidados que debían aplicarse en las ovas y que los productores no realizaban, se decidió aplicar el protocolo de recepción de ovas que se adjunta en este informe y además, se invitó a todos los sectores interesados en esta actividad productiva, asistiendo personas del ámbito académico, DIREPRO, estudiantil, productores, fábricas de alimentos e interesados en conocer sobre la actividad (Figs. 11 y 12).

Las ovas recibidas fueron recibidas según el protocolo adjunto y se registró una mortalidad mínima considerando que el embarque se recepcionó después de 24 de lo planificado por problemas producidos por la suspensión del vuelo desde EE.UU. a Lima por el mal tiempo. Las ovas recepcionadas tenían (según método Von Bayer) un diámetro de 5,5mm, lo que significa que en un litro de ovas se tiene 6880 ovas. Se recepcionó un total de 7,3L de ovas, lo que significa que el total de ovas fue de 50.224.

La mortalidad de la recepción después de 4 días, alcanzó sólo a un 0,82%, lo que significa que con la metodología propuesta, se ha reducido significativamente la mortalidad en esta etapa, ya que según información entregada por productores la mortalidad de sus recepciones se encuentra cercana al 4%.

Durante la estadía del consultor, se realizará un seguimiento a este grupo de ovas con el fin de evaluar modificaciones propuestas a las etapas de primera alimentación y alevinaje. Se recomendó oscurecer la sala de incubación y de larvicultura, para que sólo después que los especímenes comiencen su primera alimentación, recién puedan recibir una adecuada iluminación.

Diseño de una sala de fotoperiodo

Con el fin de manejar fotoperiodos artificiales que permitan desplazar el periodo de reproducción de la trucha arcoiris, se está trabajando en diseñar una sala de fotoperiodo de 5,7x7,6m en donde se instalarían estanques de fibra de vidrio de 1,5m³ de capacidad, con tapa con el fin de poder aplicar fotoperiodos artificiales independientes a cada estanque.

Visita a autoridades universitarias

Además de interactuar con personas vinculadas directamente al sector productivo de la ciudad de Puno, el consultor ha sido recibido por la Rectora de la Universidad Nacional del Altiplano Sra M. Sc. Martha Nancy Tapia Infantes y por la Decana de la Facultad de Cs. Biológicas (Fig. 13). Quienes demostraron un gran interés en el desarrollo del proyecto y ven con muchas esperanzas los objetivos que se alcanzarán en el desarrollo del mismo, ofreciendo toda la colaboración de su parte para facilitar el trabajo del consultor.

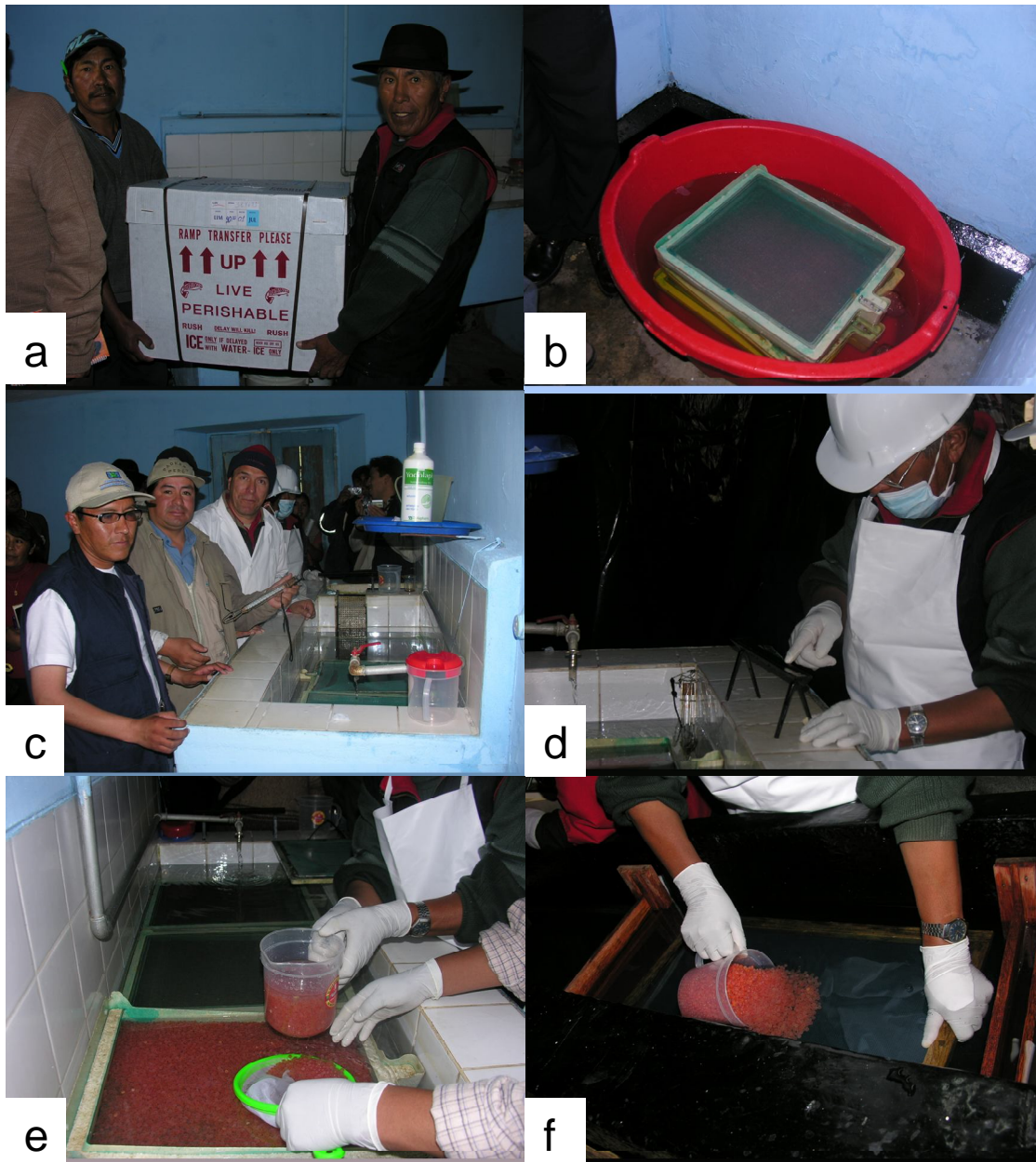


Figura 11. Etapas de la recepción de ovas importadas en la piscicultura Chucuito. a. Llegada de caja con ovas. b: desinfección. c: Aclimatación. d. Uso de la reglilla de Von Bayer. e. Cuantificación de ovas para cada incubador. f. Introducción de ovas en incubador.

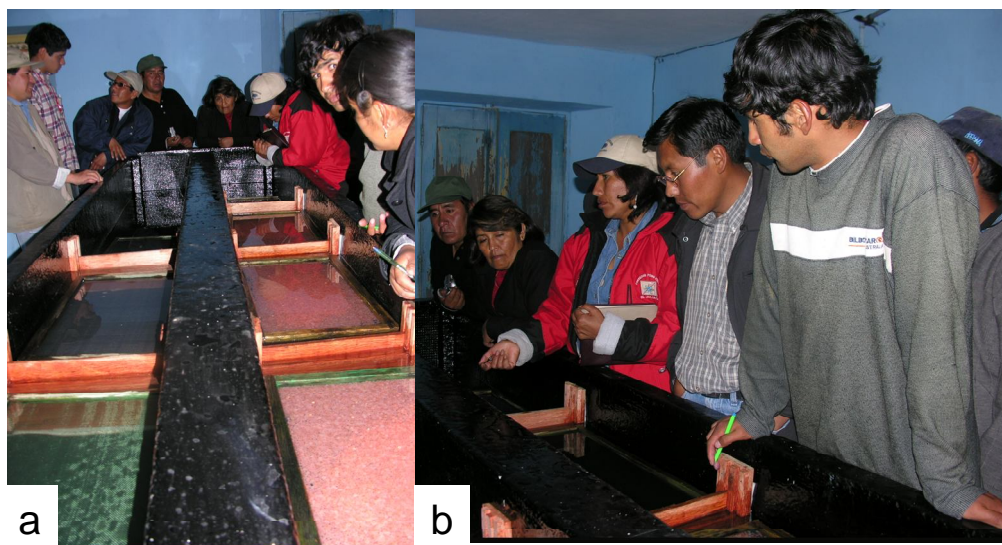


Figura 12. a: Distribución de ovas en incubadores. b: Algunos participantes realizando consultas acerca del proceso realizados.



Figura 13. El consultor visitando a las autoridades de la Universidad Nacional del Altiplano. a: Rectora. b: Decana.

Visita a productores de truchas de Lagunillas

El día 4 de marzo, se visitó a productores del sector de lagunillas, quienes comenzaron su actividad productiva con el apoyo de proyectos desarrollados por el FONDEPES y que en la actualidad se encuentran operando en forma independiente y felices por el éxito de su nueva actividad. Uno de los productores visitados, tenía proyectado cosechar aproximadamente 50ton para el año 2007 y con especímenes sembrados en la laguna en agosto del 2006, ya tenía algunos grupos que se encontraban con el tamaño mínimo de cosecha (Fig. 14) y que estaban pronto a ser comercializados.

La calidad del producto obtenido por estos productores, es EXCELENTE (Fig. 14e), ya que todos los especímenes analizados, presentaban la coloración normal para individuos inmaduros, se encontraban con todas sus aletas enteras, no se observó problemas de opérculo corto ni daños físicos producidos por problemas de mal manejo o enfermedades. El grupo que se mantenía en cultivo era una población “toda hembra”, lo que fue corroborado porque todos los especímenes analizados eran de sexo femenino.

En las conversaciones sostenidas con los productores, se dejan ver problemas con las condiciones en las que se realiza el proceso de cosecha. Ya que se realiza en los márgenes de la laguna y sin utilizar las condiciones mínimas sanitarias ni de “bienestar animal” al no utilizar ningún tipo de anestésico y dejar que los especímenes mueran por asfixia al quedar fuera del agua. Esta es una problemática que está siendo enfrentada por los ingenieros del FONDEPES quienes se encuentran gestionando un proyecto que les permita implementar en la ciudad de Santa Lucía una planta de proceso que mejore aún más la excelente calidad del producto obtenido por estos acuicultores.

Las únicas recomendaciones que el consultor consideró oportunas realizar a los productores, fue indicarle algunos criterios a considerar para cuando se adquieran nuevas partidas de alevines. Las que fundamentalmente se basan en adquirir especímenes que tengan sus aletas, “nariz” y opérculos enteros, ya que la presencia de estas malformaciones son indicadores de:

- “Nariz” dañada: Se asocia a altas densidades y a la utilización de estanques de mala calidad al tener sus paredes muy rugosas que hacen que al chocar el pez, se dañe la parte anterior de su boca.
- “Muñón de las aletas”: Cuando los alevines se cultivan a altas densidades, las aletas de un individuo y otro se rosan, esto reduce la capa de mucus que las protege y facilita la infección de hongos y bacterias que terminan por dañar completamente la aleta, dejando sólo “un muñón” en forma permanente, lo que les reduce la capacidad de natación y la captura de alimento.
- Opérculo corto: Este es un daño a la forma y longitud del opérculo, que al reducirse, deja expuesta a la branquia, esto reduce la eficiencia del proceso de respiración (especialmente importante si se cultiva a gran altitud donde el oxígeno es escaso) y muchas veces los otros peces tienden a morder la branquia al confundirla con alimento. El origen de este problema son infecciones producidas por pérdidas en la calidad del agua, tanto física como biológica.

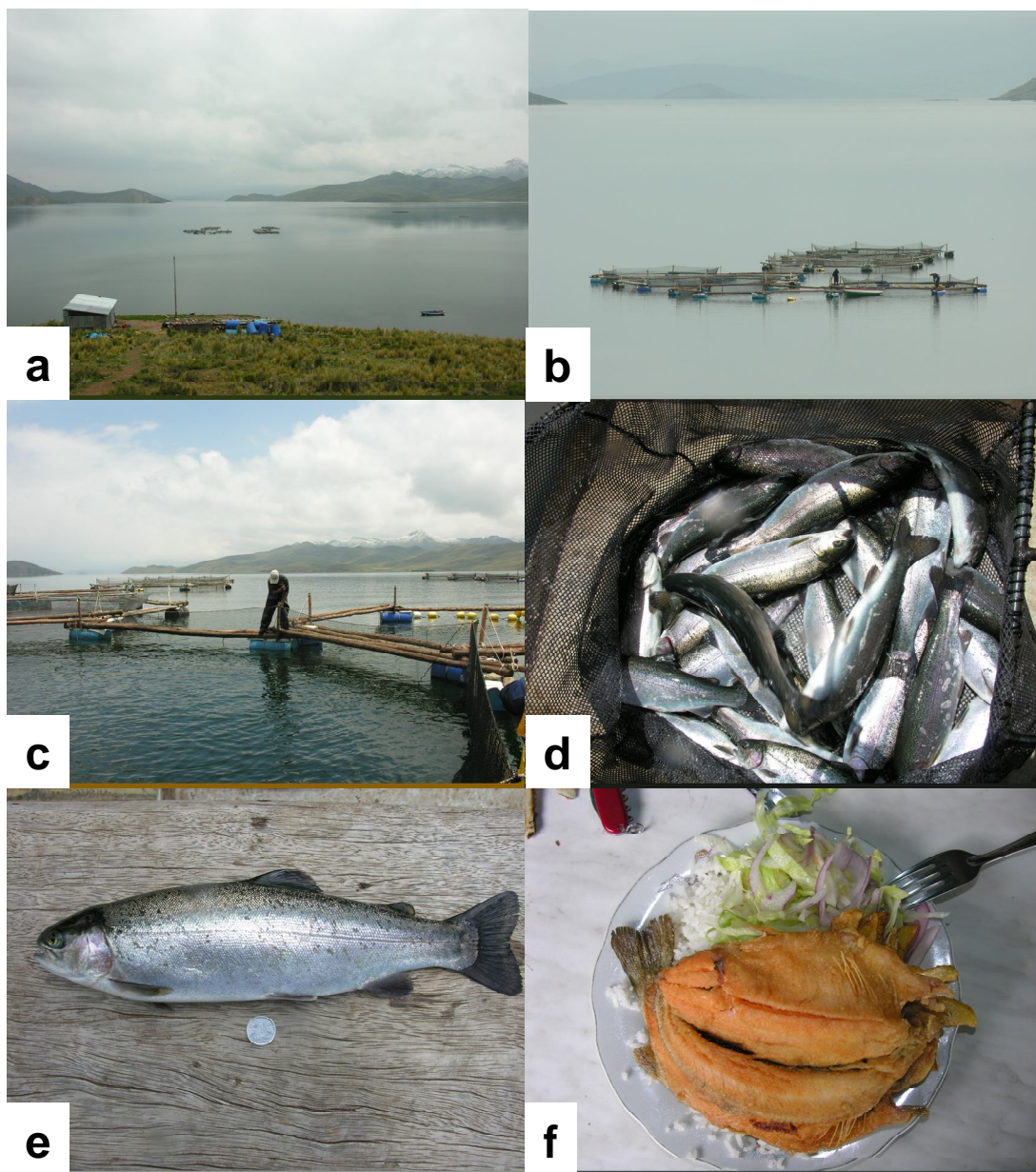


Figura 14. a. Vista panorámica de Lagunillas y parte de los sistemas de balsas jaulas instaladas en ese cuerpo de agua. b. Detalle de un tren de jaulas. c. Sistemas de flotación utilizados en las balsas. d. Muestra de especímenes de tamaño “pan size”. e: Especímen de trucha arcoiris de un año de edad en excelente condición sanitaria y física. f: Producto terminado y preparado en un restaurante de la localidad de Santa Lucía.

Preparación de alimento hormonado para la producción de neomachos

La semana del 5 de marzo, se trabajó en conjunto con los productores, en la preparación de alimento hormonado para la reversión sexual de hembras y transformarlas fenotípicamente en machos, con el fin poder obtener poblaciones “todo hembras”. Después de una breve explicación teórica que se dio a los productores, en conjunto con ellos se procedió a preparar el alimento hormonado, según se observa en Figura 15.



Figura 15. Preparación de hormona para la reversión sexual de trucha arcoiris. a. Alcohol y hormona utilizados. b. Preparación de una solución madre con hormona. c. Aplicación de hormona en el alimento. d. Mezcla del alimento y hormona.

Optimización de protocolo de desove y fecundación.

Durante la semana del 26 de febrero se realizó una evaluación de los protocolos de desove y fecundación realizados en Chucuito. El consultor, realizó varias observaciones al protocolo, como por ejemplo, realizar la extracción de gametos en un ambiente cerrado que impida la caída de agua a los gametos, o bien, la llegada de luz directa. También, esto ayuda a trabajar con una temperatura más constante e idealmente, menor a 10°C. Se recomendó no eliminar el líquido celómico ya que este es un potente activador de la motilidad espermática, entre otras observaciones menores. La Figura 16 muestra la realización de este proceso en conjunto con el personal de Chucuito y productores.



Figura 16. Desarrollo del protocolo de desove y fecundación en conjunto con productores y personal de Chucuito. a. Extracción de gametos. b. Evaluación de calidad de ovas. c. Aplicación de la alícuota de semen. d. Mezcla de gametos masculinos y femeninos según el método seco. e. Aplicación de agua para proceder al lavado de las ovas. f. Proceso de hidratación de las ovas después de la fecundación.

Charla Final a la comunidad de Puno

El día lunes 12 de marzo, se realizó como actividad final de la estadía del consultor en Puno una charla abierta a toda la comunidad. Considerando el gran interés mostrado por los asistentes a las actividades realizadas en Chucuito, se programaron dos charlas. La primera referente a los objetivos relacionados con el Proyecto y la segunda, para responder a una serie de consultas realizadas al consultor durante su estadía en Puno por parte de estudiantes, productores y profesionales. A las charlas, asistieron más de 70 personas, lo que dejó muy satisfechos a los Ingenieros encargados del proyecto, al académico encargado de la piscicultura y al consultor. En la Figura 17 se puede observar la gran convocatoria que tuvieron las charlas, a pesar de no realizar una invitación masiva a la comunidad.



Figura 17. Charla final realizada en la Universidad Nacional del Altiplano en Puno. a. Ingenieros encargados del proyecto, junto al consultor y la Decana de la Facultad de Ciencias Biológicas. b. Parte de los asistentes a la charla. c. El consultor explicando algunos de los resultados del proyecto. d. Ingenieros encargados del proyecto y parte de los asistentes.

d. Matriz del Análisis FODA de piscicultura Chucuito

Fortalezas

- Se cuenta con el apoyo e interés de la Rectora de la Universidad Nacional del Altiplano y autoridades del sector pesquero por desarrollar la actividad piscícola en la Región de Puno.
- Existe interés por parte de estudiantes de la Universidad Nacional del Altiplano por aprender y desarrollar tesis de grado en el área de los cultivos acuáticos.
- Cuenta con personal motivado y con interés de aprender nuevas tecnologías para el desarrollo de su trabajo con trucha arcoiris.
- El personal tiene experiencia en el cultivo y reproducción de salmónidos.
- La piscicultura se ubica en un lugar con una marcada pendiente, lo que facilita la distribución del agua y posibilita mejorar su calidad al pasar de un nivel a otro.
- Cuenta con corriente eléctrica para el funcionamiento de sistemas de iluminación o bombas hidráulicas.

Oportunidades

- Existe un creciente interés del Gobierno del Perú por desarrollar los cultivos acuáticos a través de programas especiales como el de Sierra Exportadora.
- La existencia de recursos concursables que pueden ser canalizados al desarrollo y mejoramiento de las actividades desarrolladas en la piscicultura.
- La dependencia administrativa de la piscicultura de la Facultad de Cs. Biológicas de la Universidad Nacional del Altiplano, genera una serie de ventajas que pueden mejorar su funcionamiento y productividad.
- Se encuentra emplazada en una región eminentemente turística.
- La especie cultivada tiene una muy buena aceptación como fuente de alimentos por parte de la comunidad de la región, incorporándola en forma permanente en su dieta.

Debilidades

- La escasa cantidad de agua disponible en el manantial no permite incrementar la producción. Además, obliga a trabajar con altas densidades, lo que deteriora la calidad de los especímenes producidos.
- Diseño de los estanques es poco eficiente y además, existe una gran variedad de diseños, lo que impide la repetitividad de experiencias productivas.
- No existe un área para el crecimiento o realizar nuevas construcciones que permitan recircular el agua, por ej.
- No se cuenta con personal profesional o técnico con capacitación en nuevas tecnologías de cultivo y reproducción de peces.
- No existe un registro sistemático de parámetros físico-químicos ni biológicos de la piscicultura.

Amenazas

- Existe un bajo interés de los productores por comprar ovas o alevines producidos en la piscicultura.
- La falta de un plan de profilaxis en el interior de la piscicultura facilita la propagación de enfermedades en su interior.
- Existe una preferencia de los productores por los alevines producidos con ovas importadas y sólo compra los nacionales cuando no existe la posibilidad de importar.
- Existe una creciente preocupación en la comunidad Internacional, Nacional y local por el deterioro ambiental del lago Titicaca.
- La comunidad visualiza a la introducción de especies ícticas exóticas (trucha arcoiris y pejerrey) como responsables de la extinción de especies nativas y de la introducción de agentes patógenos que han mermado las poblaciones nativas de peces.
- Los productores frecuentemente registran altas mortalidades en sus peces, sin que a la fecha existan las instituciones que puedan señalar en forma confiable de cuales son las causas que producen esas altas mortalidades.
- Existe un evidente temor de los productores por la presencia de enfermedades bacterianas de difícil control en sus cultivos.

III. Protocolos desarrollados

Se adjuntan los siguientes protocolos que a la fecha se encuentran en implementación en la Piscicultura CIP-Chucuito:

- 1. Protocolo para modificar los periodos de desove de la trucha arcoiris a través del fotoperiodo.**
- 2. Protocolo de determinación de la madurez sexual plena, desove y fecundación de la trucha arcoiris.**
- 3. Protocolo para el almacenamiento y traslado de gametos masculinos y femeninos de trucha arcoiris.**
- 4. Protocolo de incubación y alevinaje de trucha arcoiris.**
- 5. Protocolo para la recepción de ovas y reincubación.**
- 6. Protocolo para la producción de poblaciones “todo hembra” utilizando “neomachos”.**

IV. Aportes para una estrategia de implementación

- a. Estrategia para la implementación de un programa nacional de mejoramiento genético de truchas.**

La producción de truchas de cultivo en el Perú, es una actividad que continuará creciendo en los próximos, razón por la cual es prioritario que genere sus propias semillas con las cuales enfrentar el evidente incremento de esta actividad. Lo anterior se basa en el evidente riesgo de introducir nuevas enfermedades de difícil control como son algunas enfermedades bacterianas (Enfermedad Bacteriana del Riñón, BKD) o virales (Infección Pancreática Necrótica Infecciosa, IPN), estas

enfermedades, además de generar pérdidas altísimas a los productores, son imposibles de erradicar ya que utilizan como huésped a la fauna nativa incrementando el daño ambiental producido.

Por otra parte, generar una actividad comercial dependiendo de la importación del principal insumo, es de alto riesgo ya que no se controlará la calidad genética de las poblaciones introducidas y la actividad productiva estará sujeta a decisiones tomadas por personas que no considerarán la realidad productiva del país.

Aunque la realidad productiva en la actualidad muestra que los cultivadores prefieren las ovas importadas a las nacionales. Se señalan como razones mejores sobrevivencias, menores deformaciones, mejor resistencia a los traslados y mejor rendimiento productivo. Esto puede ser el resultado de un inadecuado manejo de reproductores, desde la utilización de especímenes emparentados que aumentan la homocigosis de las poblaciones cultivadas, hasta su cultivo en condiciones ambientales inadecuadas, ya que los salmónidos, requieren necesariamente para su periodo de reproducción, de temperaturas menores a 10°C. Si esto no ocurre, la sobrevivencia embrionaria será baja, aumentarán los porcentajes de alevines deformes y se reducirá el rendimiento productivo de las poblaciones cultivadas.

Para solucionar los anterior, se propone buscar sitios en el Perú que dispongan todo el año o parte de éste de temperaturas de entre 8 a 10°C, con flujos de agua abundantes y permanentes. Estos centros deberán ser utilizados sólo para el cultivo de reproductores y la producción de ovas con ojos o alevines que puedan ser introducidos directamente a los lagos para la etapa de engorda.

Si se dispone de temperaturas adecuadas durante todo el año, se podrá importar ovas en diferentes época del año y de estas partidas seleccionar reproductores que respondan a su patrón genético de reproducción haciéndolo en la misma época de sus padres. Con esto, se podrá disponer de grupos de peces que desovarán en distintas época del año y obteniendo así diferentes partidas de alevines que suplirán las necesidades de los productores.

Para alcanzar estos objetivos se requiere del personal técnico con la mejor formación profesional, para esto, se propone transformar a la Piscicultura Chucuito en el primer centro nacional de capacitación en truchicultura, de manera de disponer aquí de todas las tecnologías y biotecnologías más modernas utilizadas en el cultivo de peces, con el fin de que se capaciten los profesionales que dirigirán los centros para la producción de poblaciones monosexo, estériles, genéticamente mejoradas, etc.

b. Estrategia para la inspección de las actividades productivas del CIP-Chucuito a nivel productivo empresarial

La Piscicultura Chucuito debiera mantener su dependencia de la Facultad de Cs. Biológicas, pero el académico responsable debiera disponer de al menos un cuarto de jornada dedicada a la gestión de la piscicultura. Esta persona, debiera mantener una estrecha relación con Ingenieros de FONDEPES con el fin de actualizar en forma permanente las actividades a desarrollar en la piscicultura.

Por otra parte, en la piscicultura Chucuito, es urgente la presencia de un profesional (Ingeniero o Biólogo con experiencia en cultivos acuáticos) a tiempo completo que sea capaz de desarrollar y poner en práctica los protocolos y biotecnologías entregadas por este asesor, además, que sea capaz de sistematizar la información de parámetros físico-químicos del agua, de las poblaciones mantenidas en cultivo y de los programas de capacitación que se puedan desarrollar en sus instalaciones.

V. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- La truchicultura es una actividad comercial de rápido crecimiento que ha generado importantes ingresos a familias de bajos ingresos de la Región de Puno. Razón por la cual, debe continuar siendo apoyada en su desarrollo ya que la gran mayoría de los productores son gente de bajos recursos y nivel educacional, siéndole imposible asumir el costo de la optimización de sus procesos.
- La dependencia de las ovas importadas, genera un alto riesgo de ingresar enfermedades bacterianas o virales de difícil control en los sistemas acuáticos que deteriorarán y/o detendrán el desarrollo de esta industria.
- Existe un bajo nivel de conocimientos relacionados con la biología reproductiva y patologías de la trucha arcoiris, siendo necesario incrementar las competencias asociadas a estas problemáticas en Universidades, Instituciones de Transferencia Tecnológica y de Fiscalización, productores y técnicos.
- Se deben generar las competencias que permitan al sector productivo nacional crear plantales de reproductores para generar ovas nacionales de buena calidad y que sean demandadas por los productores.
- Se deben realizar estudios limnológicos que permitan determinar el impacto de esta actividad comercial en los cuerpos de agua utilizados en la actualidad, con el fin de hacerla sustentable en el tiempo.

Recomendaciones al sistema productivo de la Piscicultura Chucuito

- Cambiar la misión de la Piscicultura Chucuito a la de un Centro Experimental de Truchicultura, ya que sólo dispone de un 10% del volumen de agua requerido para la producción de un millón de alevines.
- Este Centro Experimental debiera trabajar con una baja producción, pero con una alta tecnología. La escasa producción podrá ser comercializada a productores de la región que realicen sus procesos productivos en forma regular.
- Relacionarse con instituciones que puedan generar tecnologías aplicadas a los cultivos acuáticos y que utilicen a Chucuito como el Centro de Evaluación y demostración de estos equipos. Por ej. Sensores de oxígeno y temperatura, Sistemas de recirculación de agua, Filtros mecánicos, Extractores de oxígeno del aire, etc.
- Contar con un profesional (ingeniero o biólogo) dedicado por tiempo completo a la Dirección de la piscicultura.

- Sistematizar la información productiva de las cohortes que se encuentran en cultivo, de manera de conocer adecuadamente los tamaños poblacionales, crecimientos, conversiones, etc.
- En la medida de lo posible y de los recursos disponibles, construir estanques de fibra de vidrio circulares de 2m de diámetro, los que optimizan el uso del agua al carecer de “puntos muertos” y además, son autolimpiantes, lo que mantiene el agua de excelente calidad.
- Desarrollar áreas experimentales para el manejo de fotoperiodos artificiales que permitan desplazar los periodos de desove de las poblaciones cultivadas. Esto con el fin de capacitar al sector productivo nacional en la producción de ovas fuera de temporada. Se elaborará protocolo de la forma en que se pueden producir desoves fuera de temporada mediante el manejo del fotoperiodo.
- Desarrollar la tecnología de producción de poblaciones “todo hembra”.
- Si no se modifica la forma y material de los estanques, se recomienda su reparación, de manera que las paredes sean menos dañinas para los peces y se mejore su crecimiento y sobrevivencia.
- Si se dispone de una capacidad de incubación de 400.000 ovas, para incubar 1.500.000 ovas recién fecundadas se necesitarían 18 incubadores verticales para alcanzar las metas. Para cada uno de estos se requiere de 10L/min, además del espacio suficiente para su instalación.
- Considerando que se cuenta sólo con 110m³ de cultivo, es imposible pensar que la piscicultura Chucuito pueda iniciar una actividad productiva tendiente a producir 1.000.000 de alevines de trucha arcoiris. Para esto se necesitarían cerca de 100m³ sólo para el cultivo de alevines, sin considerar los requerimientos de agua para los reproductores.
- Cambiar el color del interior de los estanques de alevinaje de negro a un color gris claro, celeste o verde.
- Reducir el área de visitas a turistas, permitiéndoles conocer sólo sectores abiertos que contengan estanques con peces de menor importancia para la piscicultura, evitando que estos estresen a los peces, particularmente a los reproductores y alevines.

Recomendaciones sobre el recurso hídrico de Piscicultura Chucuito

- Sistematizar el registro de información de parámetros físico-químicos del agua: temperatura, cuatro veces al día. Concentración de oxígeno, pH y flujos, una vez por semana.
- Oxigenar el agua al pasar de un nivel a otro mediante la instalación de “pagodas” en las caídas de agua.
- A mediano plazo y si se cumplen estas recomendaciones, se recomienda evaluar la posibilidad de recircular parte o toda el agua de la piscicultura. Esto tiene un alto costo, además implica el reemplazo de gran parte de los estanques existentes, pero ayudaría a generar una mayor tecnología para el centro.

Recomendaciones para el manejo de reproductores

- Disponer de estanques revestidos con un material menos traumáticos para los peces, reduciendo las asperezas. Podría ser plástico o cemento de terminación fina.
- Implementar una sala de fotoperiodo que permita desplazar los periodos de desove a las fechas en que los productores demanden una mayor cantidad de ovas, o bien, lo permitan las condiciones de temperatura.
- Equipar la piscicultura con un refrigerador y un microscopio de buena calidad con el fin evaluar la calidad del semen y aplicar biotecnologías al manejo de semen como son los activadores y diluyentes espermáticos.
- Implementar la tecnología de criopreservación de semen, aunque no es usada productivamente, se debe conocer sus ventajas y desventajas, la que además, podría ser aplicada en el cultivo de algunas especies nativas.
- Mantener los reproductores en un área en que no lleguen visitas y que provoquen situaciones estresantes para los reproductores.
- Incrementar el diámetro del pellets en la medida que los peces van creciendo y entregar una dieta especial para reproductores.
- Eliminar los peces enfermos y deformes para no mostrar un mal manejo a los turistas que visitan la piscicultura.
- Durante la evaluación del grado de madurez y la realización de los desoves, se debe utilizar necesariamente algún tipo de anestésico para evitar dañar los peces y/o deteriorar la calidad de los gametos producidos.
- Llevar un registro sistemático de las poblaciones de reproductores en función de su crecimiento, sobrevivencia, enfermedades y manejos realizados.

VI. Bibliografía

Barnabé, G. 1991. Acuicultura II. Omega, Barcelona. 1099pp.

Blanco, M. C., 1995. La trucha, cría industrial. Ediciones Mundi Prensa. Madrid: 503pp.

Bórquez, A., Valdebenito, I., Dantagnan, P. & J. Bariles, 1996. Producción y alimentación de salmónidos cultivados en América Latina y el Caribe. FAO Circular de Pesca FIRI/C918, Roma. 88pp.

Bromage, N. & R. Cumaranatunga, 1988. Egg production in the rainbow trout. In Recent Advances in Aquaculture. Volume 3. J. Muir & R. Roberts (Eds). University Press, Cambridge:63-169.

Chura, R., 2001. Utilización de la maca (*Lepidium peruvianum* Chacon) en la madurez gonadal de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis para optar al título de Licenciado en Biología de la Universidad Nacional del Altiplano. 61pp.

Dazarola, G., Díaz, N. & G. Yany. 1999a. Manejo de fotoperiodo e inducción de la ovulación en salmónidos. TECIA Tecnología de Innovación en Acuicultura. Impresora Milano, Viña del Mar-Chile. 19pp.

Dazarola, G., Díaz, N., Yany, G., Neira, R. & R. Manterota, 1999b. Conservación y criopreservación de semen en salmónidos. TECIA Tecnología de Innovación en Acuicultura. Impresora Milano, Viña del Mar-Chile. 16pp.

Edwards, D, 1978. Salmon and trout farming in Norway. Fishing News Books Limited, G.B. 195pp.

Estay, F., Díaz, N., Neira, R. & X. García. 1995a. Reproductive performance of cultured female coho salmon in Chile. The Progressive Fish-Culturist 59: 36-40.

Estay, F., Díaz, N., Valladares, L. & G. Dazarola, 1995b. Manejo reproductivo de salmónidos. Bases biológicas y manejo de un stock de peces reproductores. Serie de Publicaciones para la Acuicultura N°2. Publicado gracias al aporte del proyecto “Manejos reproductivos aplicados a la producción de salmónidos”, CONICYT-FONDEF, realizado entre 1993-1996. 61pp.

Estay, F., Vergara, C. & N. Díaz. 1999. Reproductive performance of cultures Atlantic salmon *Salmo salar* L. 1758 in Chile. Aquaculture Research (10): 759-764.

FAO, 2003. Revisión del estado mundial de la Acuicultura. FAO Circular de Pesca FIRI/C886(Rev. 2), Roma.103pp.

Gordon, M.R., Klotins, K.C., Campbell, V.M. & M.M. Cooper, 1987. Farmed salmon broodstock management. Ministry of Environment Victoria, B.C. Canada, Industrial Research Assistance Program National Research council of Canada, Aquafarms, Ltd. Vancouver, B.C. and B.C. Research Vancouver, B.C. 145pp.

Ingram, M, 1986. Ova & Milt, High technology broodstock management. Clearwater Publishing Limited. Isle of Man, British Isles. 111pp.

Piper, R., McElwain, I., Orme, L., McCraren, J., Fowler, L. & J. Leonard, 1982. Fish hatchery management. American Fisheries Society and Fish and Wildlife Service. Washington, 517pp.

Pohl-Branscheid & W. Holtz, 1990. Control of spawning activity in male and female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by repeated foreshortened seasonal light cycles. Aquaculture 86: 93-104.

Rast, W. & K. Rodgers., 1996. Diagnóstico ambiental del sistema Titicaca-Desaguadero-Poopo-Salar de Coipasa (Sistema TDPS) Bolivia-Perú. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Washington, D.C.: 192pp.

Scott, A.P, 1990. Salmonids. In reproductive seasonal in teleosts: environmental influences. A.D. Munro; Scott A.P. & Lam T.J. (Eds). CRC Press, Inc. Boca Ratón, Florida. 33-51pp.

Wust, W., 2003. El Titicaca y la magia de los Andes del Sur. Ediciones Peisa S.A.C., Lima:152pp.

Zanuy, S. & M. Carrillo, 1987. La reproducción de los teleósteos y su aplicación en acuicultura. En Reproducción en Acuicultura. J. Espinosa de los Monteros & U. Labarta (Editores). Industrias Gráficas de España, Madrid: 1-131.